



## **Uma aplicação do FTOPSIS-Sort para classificação de um portfólio de compras hospitalares**

### **Marlene Medeiros**

Programa de Pós-Graduação em Administração - PPGA, UFRN  
Avenida Senador Salgado Filho, 3000, Lagoa Nova, Natal-RN  
lenedeiros76@gmail.com

### **Renan Felinto de Farias Aires**

Programa de Pós-Graduação em Administração - PPGA, UFRN  
Avenida Senador Salgado Filho, 3000, Lagoa Nova, Natal-RN  
renanffa@hotmail.com

### **Luciano Ferreira**

Escola de Administração (UFRGS)  
Programa de Pós-Graduação em Administração – PPGA, UFRN  
Rua Washington Luiz, 855, Centro Histórico, CEP: 90010-460, Porto Alegre-RS  
ferreira.luciano@ufrgs.br

### **Adiel Teixeira de Almeida Filho**

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE  
Caixa Postal 7471, Recife - PE, 50.630-971.  
atalmeidafilho@yahoo.com.br

### **Denis Borenstein**

Escola de Administração (UFRGS)  
Rua Washington Luiz, 855, Centro Histórico, CEP: 90010-460, Porto Alegre-RS  
denis.borenstein@ufrgs.br

## **RESUMO**

Este trabalho aborda o problema de classificação para o gerenciamento estratégico de compras hospitalares, utilizando uma extensão do método FuzzyTOPSIS. Os critérios para avaliação das alternativas foram estabelecidos a partir do modelo teórico de portfólio de compras de Kraljic, enquanto que o desempenho das alternativas foi obtido a partir de uma pesquisa realizada em um grande Hospital localizado no nordeste brasileiro, para o qual foram considerados doze itens de compras. A partir dos resultados foi possível estabelecer a classificação destes itens, sendo três itens estratégicos, seis itens gargalos, um item de alavancagem e dois itens não-críticos. Os resultados obtidos foram validados pela gestora de compras da organização, confirmando a adequação do modelo proposto.

**PALAVRAS CHAVE.** Portfólio de Compras, Apoio Multicritério a Decisão, FTOPSIS-Sort

**Apoio à Decisão Multicritério, PO na Administração e Gestão da Produção**

## **ABSTRACT**

This paper addresses the sorting problem the strategic management of hospital purchasing, by using an extension of the classical FuzzyTOPSIS method. The definition of the criteria for the evaluation of alternatives was based on Kraljic's theoretical portfolio model, and the performance of the alternatives was obtained from a survey carried out in a large hospital



located in the northeast of Brazil, where a sample of twelve purchase items was used in the experiments. The results identified three strategic items, six bottleneck items, one leverage item and two non-critical items. The results obtained were validated by the organization's purchasing manager, confirming the suitability of the new proposal classification problems.

**KEYWORDS.** Purchasing Portfolio, Multicriteria, FTOPSIS-Sort.

## Multicriteria Decision Support, Administration & Production Management

### 1. INTRODUÇÃO

Organizações e gestores estão diariamente envolvidos em tomadas de decisão e este fator tem interessado aos pesquisadores por muitos anos [García-Cascales e Lamata 2012]. Apesar de muitas dessas decisões serem tomadas levando em consideração apenas um parâmetro, pode-se perceber que os problemas reais raramente se enquadram nesta situação. As decisões caracterizadas pela consideração simultânea de múltiplos parâmetros ou critérios para a escolha de um curso de ação é denominado como um problema de decisão multicritério.

O Apoio Multicritério a Decisão (AMD) – internacionalmente conhecido como MCDM (*Multi Criteria Decision Making*) – consiste em uma situação onde existem pelo menos duas alternativas de ação a serem escolhidas, de forma que o processo de escolha ocorre de acordo com o atendimento dos objetivos, que muitas vezes têm relacionamentos conflitantes [Almeida 2013]. Logo, as ferramentas de MCDM atuam de forma a possibilitar a resolução de um problema com segurança e redução da possibilidade de erro [Belton e Sterwart 2002].

Os problemas de na área de MCDM podem ser classificados em seis problemas básicos [Belton e Sterwart 2002; Roy 1996]: (i) problemática de escolha ( $P. \alpha$ ), para definir um conjunto de alternativas tão pequeno quanto possível, de forma a selecionar as melhores alternativas; (ii) problemática de classificação ( $P. \beta$ ), para classificar as alternativas de acordo com categorias pré-definidas; (iii) problemática de ordenação ( $P. \gamma$ ), quando o decisor deseja ordenar as alternativas da melhor para pior, de acordo com suas preferências; (iv) problemática de descrição ( $P. \delta$ ), cujo objetivo é esclarecer ao decisor as suas preferências para o devido problema de decisão, demonstrando quão bem cada alternativa satisfaz todos os critérios simultaneamente; (v) problemática de design, cujo objetivo é analisar o problema, buscando mais alternativas, através da identificação de alternativas ainda não descobertas ou através da criação de alternativas; e (vi) problemática de portfólio, para avaliar o conjunto de alternativas não apenas pelas suas características individuais, mas também na interação destas com o conjunto.

Dentre os métodos de *ranking*, pode-se destacar o método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), amplamente divulgado na literatura da área, cuja ideia básica é de que a melhor alternativa deverá ter, simultaneamente, a menor distância da solução ideal positiva e a maior distância da solução ideal negativa [Hwang e Yoon 1981]. Originalmente esse método e sua versão *fuzzy*, apresentada por Chen [Chen 2000], foram desenvolvidos para a resolução de problemas de ordenação. Dada a simplicidade e a robustez dos resultados obtidos com tais métodos, passaram a ser bastante utilizados na área de apoio à decisão multicritério [Chen 2000; García-Cascales e Lamata 2012].

No entanto, diante da ampla utilização deste método na literatura, existem algumas lacunas passíveis de serem investigadas em trabalhos futuros, entre as quais [García-Cascales e Lamata 2012; Figueira e Roy 2009; Behzadian et al. 2012]: (i) avaliação/minimização de casos de reversão de ordem; (ii) limitações para aplicações em problemática de classificação; (iii) limitações para aplicações em problemas multiníveis; (iv) limitações para a discriminação de alternativas.

Apesar das limitações do método TOPSIS e suas variantes, pode-se encontrar diversos trabalhos na literatura que utilizam estes métodos para problemáticas de classificação, entre os quais pode-se citar: Chen et al. [2006], Peng et al. [2011] e Joshi e Kumar [2014]. Como regra



geral, estes trabalhos utilizam o coeficiente de proximidade para fazer o agrupamento das alternativas em classes, desconsiderando a possibilidade do decisor definir limites para cada critério e para as diferentes classes de interesse para classificação e agrupamento das alternativas.

Portanto, este artigo apresenta uma aplicação da extensão do método *Fuzzy-TOPSIS* para problemas de classificação proposta por Ferreira et al. [2017]. No modelo de decisão foi considerada a proposta de avaliação de portfólio de compras proposta por Kraljic [1983] adaptada para o uso de uma abordagem MCDM. Dado que o contexto hospitalar contempla diferentes classes de itens, com diferentes características de compras e fornecimento, a categorização desses itens se torna necessária para gestão estratégica de compras [Mettler e Rohner 2009]. A importância deste trabalho para a gestão hospitalar é reflexo da participação dos suprimentos no custeio deste setor, para o qual as despesas com suprimentos hospitalares constituem até 45% dos custos totais [Jayaraman et al. 2014; Lambert et al. 1997].

O restante do artigo está organizado como segue: a Seção 2 apresenta uma breve revisão de literatura dos modelos de portfólio de compras. A Seção 3 descreve a estruturação do método FTOPSIS-Sort. A Seção 4 apresenta a estruturação do problema de decisão no qual foi aplicado o estudo, os resultados e a análise de sensibilidade. Por fim, A Seção 5 apresenta as considerações finais desta pesquisa.

## 2. MODELOS DE PORTFÓLIO DE COMPRAS

Um modelo de portfólio de compras pode ser conceituado como uma ferramenta de diagnóstico e análise, de caráter prescritivo, capaz de sinalizar as diferentes classes de itens comprados [Kraljic 1983; Olsen e Ellram 1997; Caniëls e Gelderman 2005; Wagner et al. 2013].

Os critérios que compõem as dimensões do modelo devem refletir a realidade da gestão de compras do setor estudado [Kraljic 1983; Olsen e Ellram 1997; Day et al. 2010]. Desse modo, a classificação adequada dos itens nos quadrantes depende da correta definição dos critérios e posterior avaliação dos itens em relação a esses critérios, se constituindo assim, claramente, como um problema de decisão multicritério.

A principal vantagem para a gestão de compras na utilização do modelo de portfólio de compras é o entendimento da importância estratégica dos itens comprados e das diferentes relações com sua base de fornecimento e, a partir daí, direcionar ações adequadas onde em função do tipo de relacionamento existente, consiga-se impedir o oportunismo, explorar seu poder de barganha, ou construir relação de parceria, em que o poder é compartilhado [Andersson e Servais 2010; Day et al. 2010].

Kraljic [1983] classifica os itens comprados baseado em duas dimensões: a importância estratégica dos itens comprados e a complexidade do mercado de fornecimento desses itens. O resultado são quatro categorias de itens: não crítico, alavancagem, gargalo e estratégico, conforme Figura 1.

**Figura 1 - Matriz de Classificação de Itens Comprados**



Fonte: Adaptado de Kraljic [1983]



É recomendado as seguintes estratégias para cada categoria de itens: para itens não-críticos, deve-se buscar a simplificação e padronização dos processos de compras, de modo a reduzir os custos. Para itens de alavancagem, deve-se procurar obter vantagem competitiva, em função do poder de barganha do comprador. Para itens gargalos, recomenda-se buscar a diversificação do fornecimento, ao mesmo tempo, garantir o mesmo, evitando rupturas. Para itens estratégicos, deve-se buscar relações de aliança e colaboração a longo prazo [Kraljic 1983; Caniels e Gelderman 2005; Cox 2015].

Os métodos multicritério de apoio a decisão (MCDM) foram utilizados em alguns estudos para classificação dos itens na matriz de portfólio de compras, conforme Quadro 1.

**Quadro 1 -Aplicação de MCDM em Modelos de Portfólio de Compras**

Autor/ ano	Foco	MCDM
Olsen e Ellran 1997	Desenvolveram um modelo de portfólio para avaliar o relacionamento com fornecedores, baseado nas dimensões de atratividade e intensidade do relacionamento.	AHP
Park et al. 2010	Desenvolveram um modelo de portfólio baseado nos modelos de Kraljic [1983] e Olsen; Ellram, [1997], para apoio a gestão de relacionamento com fornecedores.	AHP
Lee e Drake 2010	Desenvolveram um modelo de portfólio derivado da matriz de Kraljic [1983], para o desenvolvimento de estratégias de compra alinhadas com as prioridades competitivas, para solucionar as deficiências das abordagens existentes que impedem a aplicação generalizada, especialmente nas PME.	AHP
Drake et al. 2013.	Desenvolveram um modelo de portfólio em que propunha a classificação dos itens em ágil, enxuto, não-crítico e ágil/enxuto.	AHP
Ferreira et al. 2015	Aplicaram o modelo de portfólio de Kraljic [1983] na classificação de itens na indústria de construção civil.	AHP e Escalonamento multidimensional

Fonte: Dados da pesquisa, 2017

De acordo com o Quadro 1, o método predominantemente utilizado nas pesquisas sobre portfólio de compras é o AHP, abrindo espaço para a utilização de outros métodos e abordagens em trabalhos futuros.

### 3. FTOPSIS-Sort

O FTOPSIS-Sort trata-se de uma nova versão do método *Fuzzy-TOPSIS* [Chen 2010] para a problemática de classificação proposta por Ferreira et al. [2017]. Nesta nova abordagem, são inclusos limiares de preferência do decisor para cada classe, em cada critério. De acordo com os passos apresentados a seguir, o método será utilizado várias vezes conforme o número de classes que compõem o problema. Ao final, os diferentes escores obtidos serão comparados e cada alternativa  $i$  será atribuída para a classe  $q$  que apresentar o maior  $CC_i^q$ , indicando maior aproximação com a solução ideal positiva (FPIS) e maior distanciamento da solução ideal negativa (FNIS) em relação a cada classe ou perfil.

Inicialmente, as quatro primeiras etapas do método *Fuzzy-TOPSIS* indicadas por Chen [2010] devem ser realizadas tal como proposto no método original. A seguir, na etapa 5, as soluções ideais negativa e positiva são redefinidas, levando em consideração o *profile* do decisor para cada critério em relação a cada classe. Finalmente, os passos de 6 a 8 são também realizados de acordo com o método de Chen, porém levando em consideração os escores obtidos para cada classe. Os passos a seguir formalizam o método proposto da seguinte maneira:



1. Estruturar o problema de decisão, identificado os decisores, o conjunto de critérios e alternativas, e os termos linguísticos apropriados para mensurar a importância relativa dos critérios e para avaliar o desempenho das alternativas em relação a esses critérios;
2. Agregar os valores linguísticos de cada um dos decisores, em relação à ponderação dos critérios  $j$  e alternativas  $i$ , associados a números *fuzzy* trapezoidais.

$$\tilde{w}_j = (\tilde{w}_{j1}, \tilde{w}_{j2}, \tilde{w}_{j3}, \tilde{w}_{jk},) \quad (1)$$

No caso de mais de um decisor, a agregação dos pesos pode ser calculada, conforme segue:

$$\begin{aligned} w_{j1} &= \min_k \{w_{jkl}\}, & w_{j2} &= \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k w_{jk2}, \\ w_{j3} &= \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k w_{jk3}, & w_{j4} &= \max_k \{w_{jk4}\} \end{aligned} \quad (2)$$

As avaliações dos decisores em relação ao desempenho das alternativas ( $\tilde{x}_{ij}$ ), podem ser, assim descritas:

$$\tilde{x}_{ij} = (\tilde{a}_{ij}, \tilde{b}_{ij}, \tilde{c}_{ij}, \tilde{d}_{ij},) \quad (3)$$

No caso de mais de um decisor, a agregação das avaliações do conjunto de decisores pode ser calculada conforme segue:

$$\begin{aligned} a_{ij} &= \min_k \{a_{ijk}\}, & b_{ij} &= \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k b_{ijk}, \\ c_{ij} &= \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k c_{ijk}, & d_{ij} &= \max_k \{d_{ijk}\}. \end{aligned} \quad (4)$$

3. Construir a matriz de decisão *fuzzy*. Uma matriz de decisão *fuzzy*  $\tilde{D}$  corresponde ao desempenho do conjunto de alternativas ( $m$ ), em relação ao conjunto de critérios ( $n$ ) e um vetor de pesos ( $w$ ), podendo ser descrita conforme abaixo:

$$\begin{aligned} \tilde{D}_K &= \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \cdots & C_n \\ A_1 & \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ A_2 & \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{matrix} \\ \tilde{w} &= [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2 \dots \tilde{w}_n] \end{aligned} \quad (5)$$

4. Obter a matriz de decisão *fuzzy* normalizada e ponderada. A normalização da matriz *fuzzy* pode ser obtida conforme abaixo:

Dividindo-se os valores de cada  $x_{ij}$  da matriz  $\tilde{D}$ , pelo maior valor do conjunto de critérios referente a benefícios (B), tal que:



$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{d_j^*}, \frac{b_{ij}}{d_j^*}, \frac{c_{ij}}{d_j^*}, \frac{d_{ij}}{d_j^*} \right), \quad d_j^* = \max_i d_{ij}, \quad \tau \in B \quad (6)$$

Dividindo-se o menor valor do conjunto de critérios referente a custos (C), por cada  $x_{ij}$  da matriz  $\tilde{D}$ , tal que:

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_j^-}{d_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad a_j^- = \min_i a_{ij}, \quad j \in C \quad (7)$$

A matriz *fuzzy* ponderada ( $\tilde{V}$ ) é obtida por meio da multiplicação da matriz normalizada ( $\tilde{R}$ ), pela importância relativa de cada critério, conforme segue:

$$\tilde{V} = \begin{bmatrix} \tilde{v}_{11} & \tilde{v}_{12} & \cdots & \tilde{v}_{1n} \\ \tilde{v}_{21} & \tilde{v}_{22} & \cdots & \tilde{v}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{v}_{m1} & \tilde{v}_{m2} & \cdots & \tilde{v}_{mn} \end{bmatrix}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

5. Determinar a solução ideal positiva (FPIS) e a solução ideal negativa (FNIS). Para cada classe  $q=1,2,\dots,Q$ , realizar os seguintes procedimentos

5.1 Definir a solução ideal positiva em relação ao perfil  $q$  como  $\{\tilde{A}_q^* = \tilde{p}_{q1}^*, \tilde{p}_{q2}^*, \dots, \tilde{p}_{qn}^*\}$ , onde  $\tilde{p}_{qj}^* = \tilde{p}_{qj}$ , uma vez que o objetivo é maximizar a adequação da alternativa  $i$  em relação à categoria  $q$ , minimizando a distância entre  $\tilde{A}_q^*$  e cada categoria.

5.2 Definir a solução ideal negativa em relação à categoria  $q$  como  $\{\tilde{A}_q^- = \tilde{p}_{q1}^-, \tilde{p}_{q2}^-, \dots, \tilde{p}_{qn}^-\}$ , onde  $\tilde{p}_{qj}^-$ , são os elementos da categoria mais distante de  $q$ , e a distância é maximizada.

6. Calcular a distância de cada alternativa  $i$  em relação a categoria  $q$  conforme segue:

$$\begin{aligned} \tilde{d}_i^{q*} &= \sum_{j=1}^n \tilde{a}(\tilde{v}_{ij}, \tilde{p}_{qj}^*), \quad i = 1, 2, \dots, m \\ \tilde{d}_i^{q-} &= \sum_{j=1}^n \tilde{a}(\tilde{v}_{ij}, \tilde{p}_{qj}^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \end{aligned} \quad (13)$$

Onde:

$d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{p}_{qj})$  representa a distância entre dois números *fuzzy*, obtido por meio do método do vértice, conforme abaixo:

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{4}[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2 + (m_4 - n_4)^2]} \quad (14)$$

7. Calcular o coeficiente de proximidade  $CC_i^q$  de cada alternativa  $i$  em relação a categoria  $q$  como:



$$CC_i^q = \frac{d_i^{q^-}}{d_i^{q^-} + d_i^{q^*}}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (15)$$

8. Classificação: designar para cada alternativa  $i$  em uma dada classe  $q$  como:  $q_i^* = \operatorname{argmax}_{q \in Q} \{CC_q^i\}$ ; onde  $q_i^*$  é a categoria com o maior valor de  $CC_q^i$  para alternativa  $i$ .

#### 4. APLICAÇÃO NUMÉRICA

Esta seção apresenta a estruturação do problema de acordo com os parâmetros necessários para utilização do método proposto no contexto de gestão compras hospitalares. Assim, inicialmente a Seção 4.1 apresenta as etapas de levantamento e estruturação dos dados, enquanto que a Seção 4.2 apresenta os resultados obtidos a partir da resolução do modelo proposto.

##### 4.1 DADOS DE ENTRADA

O Hospital onde este estudo se realizou foi fundado em 2000 na cidade de Natal/RN e trabalha nas mais diversas áreas de atendimento especializado, sendo referência no Nordeste brasileiro. O setor de compras do Hospital é uma área crítica da empresa. É composto por oito profissionais, dentre estes um gestor de compras. De todos os custos do Hospital, no ano de 2014, os gastos com compras chegaram a 45,65%.

Atualmente, a empresa utiliza a curva ABC para classificar os itens de compra, no entanto, o critério utilizado nessa classificação (custo total) não reflete a complexidade das características do processo de compra e fornecimento do Hospital, tampouco, apresenta indicações de gestão estratégica para as categorias identificadas, sendo necessária aos gestores uma ferramenta que capte essas características, bem como que indique posturas adequadas a cada categoria de itens.

Uma das primeiras etapas realizadas foi identificar um conjunto de critérios específicos para serem utilizados no contexto hospitalar, de acordo com o problema de pesquisa. Devido as particularidades do contexto hospitalar, já relatadas na introdução desse artigo, foram incluídos no modelo dois critérios (risco e *lead time*) que impactam diretamente na tomada de decisão de compras hospitalares [Ghatari et al. 2013; Karsak e Dursun 2015]. Os demais critérios foram extraídos do modelo original de Kraljic [1983]. O Quadro 2 descreve os critérios utilizados na análise de cada dimensão do modelo.

**Quadro 2 – Critérios Utilizados na Classificação dos Itens**

<b>CRITÉRIOS DA DIMENSÃO IMPORTÂNCIA DA COMPRA</b>	
<b>C1 – Rentabilidade</b>	O quanto o item influencia no lucro da empresa.
<b>C2 - Crescimento do Negócio</b>	O quanto o item impacta na imagem da empresa e/ou no crescimento do negócio.
<b>C3 - Custo do material</b>	O impacto do custo total de aquisição do material.
<b>C4 – Risco</b>	O quanto que a falta deste item pode gerar risco de morte ou sequelas
<b>CRITÉRIOS DA DIMENSÃO COMPLEXIDADE DO FORNECIMENTO</b>	
<b>C5 - Escassez da oferta</b>	Quantidade de fornecedores disponíveis no mercado para o item.
<b>C6 - Barreiras à entrada</b>	Limitações do fornecimento decorridos por diversos fatores.
<b>C7 - Avanço tecnológico</b>	Nível de avanço tecnológico dos produtos que tornam difícil a substituição tanto do item como de fornecedores.
<b>C8 – Lead Time</b>	Dificuldade quanto ao tempo de ressurgimento do item, interferindo nos procedimentos de compra e volumes de estoque.

Fonte: Baseado em Kraljic [1983]



A avaliação de critérios e alternativas foram realizadas utilizando questionário. Participaram nesse estudo como decisores: o gestor de compras, um médico e o gestor de faturamento do Hospital. A escolha por profissionais de áreas diferentes deve-se à necessidade de conhecimentos específicos para avaliar os critérios envolvidos no modelo. Desse modo, os critérios “risco” e “avanço tecnológico” foram avaliados pelo médico. O critério “rentabilidade” foi avaliado pelo gestor de faturamento e os demais critérios, foram avaliados pelo gestor de compras. Como cada critério foi avaliado por um decisor, não foi necessária a etapa de agregação de pesos.

A definição das alternativas foi realizada pelo gestor de compras do Hospital, sendo selecionada uma amostra de 12 itens, com diferentes impactos estratégicos e riscos de fornecimento, conforme Quadro 3:

**Quadro 3 – Itens de Compras Utilizados na Pesquisa**

A1. - Manta térmica de corpo inteiro	A7. - Prótese ortopédica de quadril
A2. - Stent coronário	A8. - Tela de prolene
A3. - Compressa neurocirúrgica	A9. - Prothromplex T FA- 600UI
A4. - Ambisome FA 50mg	A10. - Sonda naso-enteral N° 12
A5. - Conjunto para implante coclear	A11. - Cateter hidratação venosa
A6. - Conjunto drenagem pneumotórax	A12. - Sonda uretral n° 14

Fonte: Dados da pesquisa, 2017

Os termos linguísticos foram expressos por meio de funções de pertinência trapezoidais indicadas para capturar a incerteza e imprecisão das avaliações linguísticas [Chen et al. 2006], Shiraz et al. 2014] conforme Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1 – Termos Linguísticos para Avaliação dos Critérios**

Termos Linguísticos	Sigla	Número <i>fuzzy</i>
Importância Baixíssima	IBX	(0,00; 0,15; 0,20; 0,20)
Importância Baixa	IB	(0,20; 0,30; 0,40; 0,40)
Importância Moderada	IM	(0,40; 0,50; 0,60; 0,60)
Importância Alta	IA	(0,60; 0,70; 0,80; 0,90)
Importância Extrema	IE	(0,80; 0,90; 1,00; 1,00)

Fonte: Dados da pesquisa, 2017

**Tabela 2 – Termos Linguísticos para Avaliação das alternativas**

Termos Linguísticos	Sigla	Número <i>fuzzy</i>
Influência nula	IN	(0,0; 0,0; 0,10; 0,20)
Baixíssima influência	BSI	(0,05; 0,15; 0,15; 0,20)
Baixa influência	BI	(0,20; 0,30; 0,40; 0,50)
Influência moderada	IM	(0,40; 0,50; 0,50; 0,60)
Influência alta	IA	(0,50; 0,60; 0,70; 0,80)
Influência muito alta	IMA	(0,70; 0,80; 0,80; 0,90)
Influência Extrema	IE	(0,80; 0,90; 1,00; 1,00)

Fonte: Dados da pesquisa, 2017

No processo de elicitação dos pesos foi utilizado o procedimento de *swing weights*, ou seja, para cada dimensão analisada, o decisor definiu os critérios com maior e menor importância, recebendo o maior e menor valor da escala utilizada como referência. Os demais critérios receberam pesos proporcionais aos extremos.

## 4.2 RESULTADOS OBTIDOS

Uma vez definidos os critérios, decisores, alternativas e termos linguísticos, o próximo passo foi construir a matriz de decisão *fuzzy*, na qual os valores linguísticos atribuídos pelos





decisores para as alternativas, critérios e classes, foram associados a números *fuzzy* trapezoidais. A Tabela 3 apresenta a matriz de decisão.

**Tabela 3 – Matriz de Decisão**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	IA	BSI	BI	BSI	IMA	IMA	BI	IMA
A2	IA	IA	IA	IE	IMA	IA	BI	IN
A3	BI	IM	BSI	IM	IMA	IA	IM	IM
A4	BI	IA	IM	BI	IE	IMA	IE	IN
A5	IE	IE	IE	IMA	IMA	IE	IE	BI
A6	IA	BI	BI	IA	IE	IMA	BI	BI
A7	IMA	IA	IMA	IMA	IA	IA	IMA	BI
A8	BI	IM	BI	BSI	IE	IMA	IM	IA
A9	IM	IA	IM	IA	IMA	IMA	IE	IA
A10	BSI	IM	IN	BI	IMA	IMA	BI	IMA
A11	IN	BSI	IN	IE	BSI	BSI	BSI	BSI
A12	BSI	BSI	IN	BI	BSI	BSI	BSI	IN
PESO	IA	IM	IE	IA	IE	IA	IM	BI
ESTRATÉGICO	IE	IE	IA	IM	IM	IE	IE	IM
NÃO-CRÍTICO	BSI	BSI	BI	BI	BSI	BI	BI	BI
ALAVANCAGEM	IE	IA	IA	IM	IM	BI	IM	BI
GARGALO	BI	BSI	BSI	BI	IMA	IE	IMA	IA

Fonte: Dados da Pesquisa, 2017

Após, foram determinados os FPIS e FNIS, calculadas as distâncias em relação as soluções ideais e, por último, foi calculado o coeficiente de proximidade ( $CC_i$ ) para cada alternativa em cada classe, conforme explicado na seção 3. A Tabela 4 demonstra os resultados.

**Tabela 4 – Classificação dos Itens**

	Estratégico			Não-Crítico			Alavancagem			Gargalo			Classe
	d+	d-	$CC_i^q$	d+	d-	$CC_i^q$	d+	d-	$CC_i^q$	d+	d-	$CC_i^q$	
A1	1,95	1,72	<b>0,47</b>	1,64	1,95	<b>0,54</b>	1,85	0,98	<b>0,35</b>	0,98	1,85	<b>0,65</b>	Gargalo
A2	1,58	2,38	<b>0,60</b>	2,30	1,58	<b>0,41</b>	1,19	2,04	<b>0,63</b>	2,04	1,19	<b>0,37</b>	Alavancagem
A3	1,85	1,73	<b>0,48</b>	1,65	1,85	<b>0,53</b>	1,54	0,72	<b>0,32</b>	0,72	1,54	<b>0,68</b>	Gargalo
A4	1,47	2,14	<b>0,59</b>	2,06	1,47	<b>0,42</b>	1,73	1,12	<b>0,39</b>	1,12	1,73	<b>0,61</b>	Gargalo
A5	0,78	3,28	<b>0,80</b>	3,20	0,78	<b>0,20</b>	1,55	2,08	<b>0,57</b>	2,08	1,55	<b>0,43</b>	Estratégico
A6	1,75	1,87	<b>0,52</b>	1,79	1,75	<b>0,49</b>	1,56	1,34	<b>0,46</b>	1,34	1,56	<b>0,54</b>	Gargalo
A7	1,08	2,53	<b>0,70</b>	2,45	1,08	<b>0,31</b>	0,99	1,98	<b>0,67</b>	1,98	0,99	<b>0,33</b>	Estratégico
A8	1,99	1,86	<b>0,48</b>	1,77	1,99	<b>0,53</b>	1,88	0,97	<b>0,34</b>	0,97	1,88	<b>0,66</b>	Gargalo
A9	1,17	2,33	<b>0,67</b>	2,25	1,17	<b>0,34</b>	1,52	1,12	<b>0,42</b>	1,12	1,52	<b>0,58</b>	Estratégico
A10	2,24	1,63	<b>0,42</b>	1,54	2,24	<b>0,59</b>	2,14	0,82	<b>0,28</b>	0,82	2,14	<b>0,72</b>	Gargalo
A11	3,37	1,13	<b>0,25</b>	1,12	3,37	<b>0,75</b>	2,55	2,43	<b>0,49</b>	2,43	2,55	<b>0,51</b>	Não-crítico
A12	3,14	0,75	<b>0,19</b>	0,66	3,14	<b>0,83</b>	2,32	2,00	<b>0,46</b>	2,00	2,32	<b>0,54</b>	Não-crítico

Fonte: Dados da Pesquisa, 2017

A classificação dos itens nas classes gargalo, alavancagem, estratégico e não-crítico, foi definida obedecendo o critério da classe onde o mesmo obteve o  $CC_i^q$  mais elevado.

#### 4.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Esta seção apresenta os resultados da análise de sensibilidade realizada de acordo com o trabalho de Kannan et al. [2013], onde foi alterado o peso dos critérios extremos e o peso dos critérios C3 e C5 de “IE” para “BSI”. A Tabela 5 apresenta os resultados desta etapa, demonstrando a robustez do modelo, que evidenciou apenas três modificações de classes, e mesmo assim, para tal, seriam necessárias alterações extremas nos pesos dos critérios.



**Tabela 5 – Análise de Sensibilidade**

	Estratégico			Não-Crítico			Alavancagem			Gargalo			Classe
	d+	d-	$CC_i^q$	d+	d-	$CC_i^q$	d+	d-	$CC_i^q$	d+	d-	$CC_i^q$	
A1	1,49	1,21	<b>0,45</b>	1,13	1,49	<b>0,57</b>	1,39	0,81	<b>0,37</b>	0,81	1,39	<b>0,63</b>	Gargalo
A2	1,35	1,64	<b>0,55</b>	1,56	1,35	<b>0,46</b>	0,96	1,64	<b>0,63</b>	1,64	0,96	<b>0,37</b>	Alavancagem
A3	1,21	1,05	<b>0,46</b>	0,96	1,21	<b>0,56</b>	0,91	0,72	<b>0,44</b>	0,72	0,91	<b>0,56</b>	Gargalo/Não-crítico
A4	1,01	1,41	<b>0,58</b>	1,33	1,01	<b>0,43</b>	1,28	0,74	<b>0,37</b>	0,74	1,28	<b>0,63</b>	Gargalo
A5	0,36	2,33	<b>0,87</b>	2,25	0,36	<b>0,14</b>	1,10	1,47	<b>0,57</b>	1,47	1,10	<b>0,43</b>	Estratégico
A6	1,19	1,27	<b>0,51</b>	1,18	1,19	<b>0,50</b>	1,00	1,06	<b>0,52</b>	1,06	1,00	<b>0,48</b>	Alavancagem
A7	0,83	1,78	<b>0,68</b>	1,70	0,83	<b>0,33</b>	0,75	1,36	<b>0,64</b>	1,36	0,75	<b>0,36</b>	Estratégico
A8	1,42	1,25	<b>0,47</b>	1,17	1,42	<b>0,55</b>	1,32	0,69	<b>0,34</b>	0,69	1,32	<b>0,66</b>	Gargalo
A9	0,82	1,71	<b>0,68</b>	1,62	0,82	<b>0,34</b>	1,17	0,84	<b>0,42</b>	0,84	1,17	<b>0,58</b>	Estratégico
A10	1,57	0,91	<b>0,37</b>	0,82	1,57	<b>0,66</b>	1,47	0,76	<b>0,34</b>	0,76	1,47	<b>0,66</b>	Gargalo/Não-crítico
A11	2,65	0,92	<b>0,26</b>	0,90	2,65	<b>0,75</b>	1,83	1,86	<b>0,50</b>	1,86	1,83	<b>0,50</b>	Não-Crítico
A12	2,42	0,53	<b>0,18</b>	0,44	2,42	<b>0,84</b>	1,59	1,42	<b>0,47</b>	1,42	1,59	<b>0,53</b>	Não-Crítico

Fonte: Dados da pesquisa, 2017

## 5. CONCLUSÃO

Diante da importância da eficiência na gestão de compras para redução dos custos e melhoria da competitividade das organizações, o presente estudo, realizado em um Hospital da cidade de Natal/RN, teve por objetivo desenvolver um modelo de portfólio para gestão estratégica de compras hospitalares, baseado no modelo de portfólio de compras proposto por Kraljic [1983], aplicando uma versão do método *Fuzzy-TOPSIS* para classificação dos itens de compras, o FTOPSIS-Sort [Ferreira et al. 2017].

Este estudo atendeu aos objetivos propostos, dado que foram identificados os critérios intrínsecos à gestão de compras do Hospital estudado e por meio da extensão do método de apoio à decisão *Fuzzy-TOPSIS* para problemas de classificação, os itens de compras, que serviram de amostra, foram classificados na matriz de portfólio de compras.

Os decisores validaram os resultados encontrados e comprovaram a importância do modelo, que elucidou informações estratégicas para gestão de compras, que no método ABC não se captava. Como exemplo, itens que por ter um baixo custo, não recebiam uma atenção diferenciada no método ABC, e que por meio do modelo de portfólio desenvolvido, foi diagnosticado como um item gargalo, que requer uma gestão diferenciada.

Ao final, constatou-se que o modelo elaborado é flexível no trato do problema, robusto em relação aos resultados produzidos e capaz de captar com eficiência o julgamento dos gestores da área alvo deste artigo. Para estudos futuros, sugere-se uma ampliação deste, aplicando em outras organizações e problemáticas de classificação.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente apoiado pelo CNPq

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, A. T. d. (2013). *Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério*. Atlas, São Paulo.

Andersson, S. e Servais, P. (2010). Combining industrial buyer and seller strategies for international supply and marketing management. *European Business Review*, 22:64–81.



- Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M. e Ignatius, J. (2012), A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39:13051-13069.
- Belton, V. e Stewart, T. J. (2002) *Multiple criteria decision analysis*. Kluwer Academic Publishers.
- Caniëls, M.C.J. e Gelderman, C.J. (2005). Purchasing strategies in the Kraljic matrix:A power and dependence perspective. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 11:141-155.
- Chen, C.T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114:1-9.
- Chen, C.T., Lin, C.T. e Huang, S.F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal Production Economics*, 102:289-301.
- Chen, D. Q., Preston, D. S. e Xia, W. (2013) Enhancing Hospital supply chain performance: a relational view and empirical test. *Journal of Operations Management*, 31:391-408.
- Cox, A. (2015). Sourcing portfolio analysis & power positioning: towards a 'paradigm shift' in category management & strategic sourcing. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20:1-47.
- Day, M., Magnan, G.M. e Moeller, M.M. (2010). Evaluating the bases of supplier segmentation: a review and taxonomy. *Industrial Marketing Management*, 39:625–639.
- Drake, P.R., Lee, D.M. e Hussain, M. (2013). The lean and agile purchasing portfolio model. *Supply chain Management: An International Journal*, 18:3-20.
- Ferreira, L.M.D.F, Arantes, A. e Kharlamov, A.A. (2015). Development of a purchasing portfolio model for the construction industry: an empirical study. *Production Planning & Control*, 26:377–392.
- Ferreira, L., Borenstein, D. e Santi, E. (2016). Hybrid fuzzy MADM ranking procedure for better alternative discrimination. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 50:71-82.
- Ferreira, L., Borenstein, D., Righi, M. B. e de Almeida-Filho, A. T. (2017). A fuzzy hybrid integrated framework for portfolio optimization in private banking. Working Paper submitted to EJOR.
- Figueira, J. e Roy, B. (2009). A note on the paper, "Ranking irregularities when evaluating alternatives by using some ELECTRE methods", by Wang and Triantaphyllou. *Omega*, 37:731-733.
- García-Cascales, S. e Lamata, M.T. (2012). On rank reversal and TOPSIS method. *Mathematical and Computer Modelling*, 56:123–132.
- Ghatari, A., Mehralian, G., Zarenezhad, F. e Rasekh, H. (2013). Developing a Model for Agile Supply: an Empirical Study from Iranian Pharmaceutical Supply Chain. *Iranian Journal Pharmaceutical Research*, 12:193–205.
- Hwang, Y.S. e Yoon, P.K. (1981). *Multiple-attribute decision making: Methods and applications*. Springer, Berlim.



- Jayaraman, R., Taha, K., Park, K. e Lee, J. (2014). Impacts and Role of Group Purchasing Organization in Healthcare Supply Chain. *In Proceedings of the 2014 Industrial and Systems Engineering Research Conference*, Montreal.
- Joshi, D. e Kumar, S. (2014). Intuitionistic fuzzy entropy and distance measure based TOPSIS method for multi-criteria decision making. *Egyptian Informatics Journal*, 15:97-104.
- Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A. e Diabat, A. (2013). Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multiobjective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 47:355-367.
- Karsak, E.E. e Dursun, M. (2015). An integrated fuzzy MCDM approach for supplier evaluation and selection. *Computers & Industrial Engineering*, 82:82-93.
- Kraljic, P. (1983). Purchasing must become supply management. *Harvard Business Review*, set-oct:109-117.
- Lambert, D.M., Adams, R.J. e Emmelhainz, M.A. (1997). Supplier selection criteria in the healthcare industry: a comparison of importance and performance. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 33:6-22.
- Lee, D. e Drake, P. (2010). A portfolio model for component purchasing strategy and the case study of two South Korean elevator manufacturers. *International Journal of Production Research*, 48:6651-6682.
- Mettler, T. e Rohner, P. (2009). Supplier relationship management: a case study in the context of health care. *Journal Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 4:58-71.
- Nudurupati, S.S., Bhattacharyab, A., Lascellesa, D. e Catona, N. (2015). Strategic sourcing with multi-stakeholders through value co-creation: An evidence from global health care company. *International Journal Production Economics*, 166:248-257
- Olsen, R.F. e Ellram, L.M. (1997). A portfolio approach to supplier relationships. *Industrial Marketing Management*, 26:101–113.
- Park, J., Shin, K., Chang, T-W. e Park, J. (2010). An integrative framework for supplier relationship management. *Industrial Management & Data Systems*, 110:495 – 515.
- Peng, Y., Wang, G., Kou, G., e Shi, Y. (2011). An empirical study of classification algorithm evaluation for financial risk prediction. *Applied Soft Computing*, 11: 2906–2915.
- Roy, B. (1996). *Multicriteria methodology for decision aiding*. Kluwer Academics Publishers, Netherlands.
- Shiraz, S.E., Şengül, U. e Eren, M. (2014). Determination of extended fuzzy TOPSIS method of criteria leading to supplier selection for industries. *Asian Social Science*, 10:1911-2025.
- Wagner, S. M., Padhi, S.S. e Bode, C. (2013). The procurement process. *Industrial Engineer*, 45:34–39.